

# 미완성 콘크리트 천장 사무실 환경의 건강 유해성 및 공기 정화 장치 효과에 대한 심층 분석 보고서

## 요약

본 보고서는 마감 처리가 부적절하여 지속적으로 분진이 발생하는 콘크리트 천장이 있는 사무실 환경이 직원 건강에 미치는 중대한 유해성을 종합적으로 분석하고, 이에 대한 완화 전략의 효과를 평가한다. 분석 결과, 해당 환경은 단순한 위생 문제를 넘어 심각한 직업성 질환을 유발할 수 있는 잠재적 위험 요소를 다수 포함하고 있음을 확인하였다.

콘크리트 분진의 핵심 유해 성분은 국제암연구기구(IARC) 지정 1군 발암물질인 \*\*호흡성 결정형 유리규산(Respirable Crystalline Silica, RCS)\*\*으로, 장기간 노출 시 치료가 불가능한 폐 질환인 규폐증, 폐암, 그리고 \*\*만성 폐쇄성 폐질환(COPD)\*\*을 유발할 수 있다. 또한, 분진에는 6가 크롬, 납과 같은 중금속과 기타 자극성 물질이 포함되어 알레르기성 피부염, 안구 자극, 신장 질환 및 자가면역 질환의 위험을 높인다.

공기청정기는 부유하는 미세 분진을 제거하는 데 일정 부분 효과가 있으나, 이는 근본적인 해결책이 아닌 임시적인 완화 조치에 불과하다. 공기청정기는 분진의 지속적인 발생을 막지 못하며, 이미 표면에 쌓인 분진의 재비산 위험을 해결하지 못한다.

따라서 본 보고서는 다음과 같은 다단계 통합 해결책을 강력히 권고한다.

- 즉각적 조치:** 전문가를 통한 실내 공기질 정밀 측정 및 유해물질 농도 분석을 실시하고, 측정 결과와 함께 민법 제623조에 근거하여 건물 소유주에게 하자 보수를 공식적으로 요구한다. 동시에, 직원 보호를 위해 즉시 H13 등급 이상의 헤파(HEPA) 필터를 장착하고 충분한 용량(CADR)을 갖춘 공기청정기를 설치하며, HEPA 필터 진공청소기를 이용한 습식 청소를 병행한다.
- 근본적 해결:** 분진 발생의 원인인 콘크리트 천장 표면을 영구적으로 안정화시키는 전문적인 보수 공사를 시행한다. 이는 표면의 오염 물질을 완전히 제거한 후, 침투성 표면 강화제나 저휘발성유기화합물(Low-VOC) 실러(Sealer)를 도포하여 분진 발생을 원천적으로 차단하는 것을 포함한다.
- 사후 관리:** 보수 공사 완료 후 공기질 재측정을 통해 환경 개선을 검증하고, 장기적인 직원

건강 관리를 위한 프로그램을 고려한다.

이러한 조치는 대한민국 「산업안전보건법」 및 「실내공기질 관리법」에 명시된 사업주의 안전보건 확보 의무와 건물 소유주의 시설 유지보수 의무를 이행하는 필수적인 과정이다.

## 제1장: 유해성의 근원 및 특성: 콘크리트 분진의 이해

사무실 천장에서 발생하는 분진은 단순한 먼지가 아니라, 건축 자재의 물리적, 화학적 결함으로 인해 생성되는 특정 유해 물질이다. 이 문제에 효과적으로 대응하기 위해서는 분진 발생의 근본 원인과 그 구성 성분의 유해성을 명확히 이해하는 것이 선행되어야 한다.

### 1.1. 분진 발생의 기원: 콘크리트 마감의 화학적 및 물리적 결함

콘크리트 표면에서 분진이 발생하는 현상은 '더스팅(Dusting)'이라 불리며, 이는 표면에 형성된 부실하고 푸석푸석한 층인 '레이턴스(Laitance)'가 마모되면서 발생한다.<sup>1</sup> 레이턴스는 콘크리트 타설 및 양생 과정의 오류로 인해 시멘트, 골재의 미세 입자 및 과도한 수분이 표면으로 상승하여 형성되는 얇고 약한 막이다.<sup>2</sup> 이 현상은 천장이 단순히 더러운 상태가 아니라, 표면 자체가 지속적으로 허물어지고 새로운 분진을 생성하는 능동적인 재료 파괴 과정임을 의미한다. 따라서 주기적인 청소만으로는 문제를 해결할 수 없으며, 근본적인 표면 안정화 처리가 반드시 필요하다.

레이턴스 형성을 유발하는 주요 시공 결함은 다음과 같다.

- **과도한 물-시멘트 비율(w/c):** 콘크리트 배합 시 필요 이상의 물을 첨가하면, 잉여 수분이 증발하면서 표면에 다공질의 약한 구조를 형성하여 내구성을 저하시킨다.<sup>2</sup>
- **부적절한 양생:** 콘크리트가 충분한 강도를 발현하기 위해서는 일정 기간 습윤 상태를 유지하며 시멘트 수화 반응이 완료되어야 한다. 너무 빠른 건조는 표면의 수화 반응을 불완전하게 만들어 강도가 약하고 쉽게 부서지는 표면을 야기한다.<sup>5</sup>
- **탄산화(Carbonation):** 대기 중의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 콘크리트의 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)과 반응하여 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)을 생성하는 화학적 과정이다. 이 반응은 콘크리트의 알칼리성을 저하시켜 표면을 약화시키고 분진 발생을 촉진한다.<sup>5</sup>

### 1.2. 위협의 미시적 분석: 콘크리트 분진의 유해 성분

콘크리트 분진은 다양한 화학 물질의 복합체이며, 이 중 일부는 인체에 심각한 독성을 나타낸다.

- **주요 구성 성분:** 시멘트 분진은 주로 산화칼슘(CaO)과 이산화규소(SiO<sub>2</sub>)로 구성되며, 이외에 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화마그네슘(MgO) 등이 포함된다.<sup>8</sup> 콘크리트 시료의 화학 성분 분석 결과, 총 SiO<sub>2</sub> 함량은 약 53.1%에 달하는 것으로 나타났다.<sup>9</sup>
- **핵심 유해인자: 호흡성 결정형 유리규산 (RCS):** 콘크리트 분진 내에서 가장 위험한 성분은 결정형 유리규산, 특히 석영(Quartz)이다.<sup>9</sup> 순수 시멘트에는 1% 미만, 일반 콘크리트에는 약 2.62%의 석영이 함유될 수 있다.<sup>9</sup> 이 중 입자 직경이 5 μm 이하인 호흡성 분진은 폐 깊숙이 폐포까지 도달하여 심각한 폐 질환을 유발할 수 있다.<sup>9</sup> 국제암연구기구(IARC)는 결정형 유리규산을 명백한 인체 발암물질인 **1군(Group 1)** 발암물질로 분류하고 있다.<sup>9</sup>
- **중금속 및 기타 오염물질:**
  - **6가 크롬 (Cr<sup>6+</sup>):** 시멘트 제조 과정에서 사용되는 산업 폐기물이나 원료로 인해 6가 크롬이 포함될 수 있다.<sup>15</sup> 이는 강력한 알레르기 유발 물질이자 인체 발암물질로, 피부 접촉 시 알레르기성 피부염을, 흡입 시 직업성 천식 및 폐암을 유발할 수 있다.<sup>17</sup>
  - **기타 중금속:** 시멘트에는 납(Pb), 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg) 등 다양한 중금속이 미량 포함될 수 있으며, 만성적인 흡입 노출은 신경계, 신장, 조혈계 등에 독성을 나타낼 수 있다.<sup>15</sup>
  - **라돈(Radon):** 콘크리트의 원재료인 골재나 일부 산업 부산물은 자연 방사성 물질인 라돈 가스를 방출할 수 있다.<sup>20</sup> 라돈은 폐암의 주요 원인 중 하나로, 마감 처리가 되지 않은 콘크리트 표면은 실내 라돈 농도를 높이는 직접적인 경로가 될 수 있다.

표 1: 콘크리트 분진 내 주요 유해 성분 및 관련 건강 유해성

유해 성분	콘크리트 내 존재 형태 및 출처	주요 건강 유해성
호흡성 결정형 유리규산 (RCS)	시멘트 및 골재에 포함된 석영(SiO <sub>2</sub> )의 미세 입자 (직경 5 μm 이하)	규폐증, 폐암 (IARC 1군 발암물질), 만성 폐쇄성 폐질환(COPD), 신장 질환, 자가면역 질환 <sup>9</sup>
6가 크롬 (Cr <sup>6+</sup> )	시멘트 제조 시 사용되는 산업 폐기물 및 원료	알레르기성 피부염, 직업성 천식, 폐암 및 위암 (인체 발암물질) <sup>16</sup>
납 (Pb)	시멘트 원료 및 일부 페인트	신경계 손상 (지능 저하), 신장 기능 손상, 조혈기능

	성분	장애 (빈혈), 생식 독성 <sup>17</sup>
기타 중금속 (Cd, As, Hg 등)	시멘트 원료 및 부원료	각종 장기(신장, 간 등) 손상 및 발암성 <sup>15</sup>
라돈 (Rn)	골재 및 일부 산업 부산물(인산석고 등)에서 방출되는 방사성 가스	폐암 (흡연 다음으로 가장 큰 원인) <sup>20</sup>
강알칼리성 입자	시멘트의 주성분인 산화칼슘(CaO)이 물과 반응하여 생성	안구 자극 및 손상, 피부 자극 및 화학적 화상, 호흡기 점막 자극 <sup>17</sup>

## 제2장: 만성적 분진 흡입으로 인한 건강유해성의 스펙트럼

마감 처리가 미흡한 콘크리트 천장에서 발생하는 분진에 장기간 노출되는 것은 단순한 불쾌감을 넘어, 잠재적으로 생명을 위협할 수 있는 다양한 질병의 원인이 된다. 특히 사무실 환경은 건설 현장과 같이 고농도에 단기간 노출되는 것이 아니라, 비교적 저농도에 장기간 지속적으로 노출된다는 특징이 있다. 이러한 노출 패턴은 급성 증상보다는 만성 질환의 발병 위험을 현저히 높인다. 총 누적 노출량이 질병 발생의 핵심 지표임을 고려할 때, 매일 8시간씩 수년에 걸쳐 이어지는 사무실에서의 저농도 노출은 간헐적인 고농도 노출보다 더 위험한 결과를 초래할 수 있다. 10년에서 20년 이상 소요되는 규폐증이나 폐암의 긴 잠복기는 일반적인 직장 경력 기간과 일치하므로, 현재의 '안전해 보이는' 환경이 미래의 심각한 질병을 유발하는 원인이 될 수 있다는 점을 명확히 인지해야 한다.

### 2.1. 폐에 미치는 영향: 비가역적 폐 질환

호흡기는 콘크리트 분진에 의한 가장 직접적이고 심각한 피해를 입는 표적 장기이다.

- **규폐증 (Silicosis):** 호흡성 결정형 유리규산(RCS) 입자를 흡입하여 발생하는 대표적인 직업성 폐 질환으로, 치료법이 없는 비가역적 질병이다.<sup>13</sup> 폐포에 침착된 RCS 입자는 면역세포인 대식세포의 지속적인 염증 반응을 유발하고, 이 과정에서 폐 조직에 섬유화, 즉 흉터가 형성된다.<sup>11</sup> 섬유화가 진행됨에 따라 폐는 탄력을 잃고 딱딱하게 굳어지며, 가스 교환 능력이 현저히 저하되어 점진적인 호흡 곤란을 겪게 된다. 사무실 환경과 같은 저농도 장기 노출은 10년 이상의 잠복기를 거쳐 발병하는

만성 규폐증의 전형적인 유발 요인이다.<sup>26</sup>

- 폐암(**Lung Cancer**): IARC는 RCS를 인체에 대한 발암성이 명확히 확인된 1군 발암물질로 규정하고 있다.<sup>9</sup> RCS 노출은 폐암 발생 위험을 직접적으로 증가시키며, 특히 규폐증 환자의 경우 폐암 발병 위험이 더욱 높아진다.<sup>23</sup> 이는 RCS가 유발하는 만성적인 염증과 세포 손상 과정이 암세포 발생을 촉진하기 때문으로 추정된다.<sup>24</sup>
- 만성 폐쇄성 폐질환(**COPD**): 흡연이 주된 원인으로 알려져 있지만, RCS 노출 역시 COPD의 독립적인 위험인자로 인정받고 있다.<sup>13</sup> 시멘트 공장 인근 주민을 대상으로 한 역학조사에서 직업적 분진 노출 이력이 없는 주민들에게서도 만성 폐쇄성 폐질환 유병률이 대조군에 비해 유의미하게 높게 나타났으며, 이는 환경적 노출만으로도 기관지 염증 및 폐 기능 저하를 유발할 수 있음을 시사한다.<sup>19</sup>

## 2.2. 전신 및 다기관 영향: 폐를 넘어선 위협

콘크리트 분진의 유해성은 폐에만 국한되지 않는다. 혈액을 통해 전신으로 퍼진 유해 물질이나 면역체계 교란은 다양한 장기에 영향을 미칠 수 있다.

- 신장 질환(**Kidney Disease**): RCS 노출은 신장 독성을 유발하여 만성 신장 질환 및 신부전의 위험을 높이는 것으로 보고된다.<sup>21</sup>
- 자가면역 질환(**Autoimmune Disorders**): RCS는 인체의 면역체계를 교란시켜 자신의 조직을 공격하게 만드는 자가면역 질환을 유발할 수 있다. 대표적으로 류마티스 관절염, 전신성 경화증(피부경화증), 전신 홍반성 루푸스 등이 RCS 노출과 연관성이 있는 것으로 알려져 있다.<sup>21</sup>
- 피부 및 안구 자극: 콘크리트 분진은 높은 pH를 가진 알칼리성 물질이며 물리적으로 거칠기 때문에 피부와 안구에 직접적인 자극을 유발한다.<sup>17</sup> 피부에 접촉 시 건조함, 가려움증, 발진을 유발하며, 6가 크롬과 같은 알레르기 유발 물질로 인해 심각한 알레르기성 접촉 피부염이나 피부 궤양으로 발전할 수 있다.<sup>17</sup> 눈에 들어갈 경우, 기계적 자극으로 인한 충혈과 통증을 유발하며, 심한 경우 화학적 화상이나 각막 손상을 초래할 수 있다.<sup>17</sup>

## 2.3. 복합적 유해 요인: '병든 천장 증후군'

마감 처리가 되지 않은 콘크리트 천장은 분진 발생 외에도 다른 실내 공기질 문제를 야기하거나 악화시키는 복합적인 유해 요인으로 작용할 수 있다. 이는 단일 유해물질의 문제를 넘어, 여러 위험 요소가 상호작용하는 '병든 건물 증후군(Sick Building Syndrome)'의 원인이 될 수 있다.

- 수분 흡수와 곰팡이 증식: 콘크리트는 다공성 재료로, 습기를 쉽게 흡수하고 유지하는

특성이 있다.<sup>34</sup> 마감 처리가 되지 않은 천장은 누수나 높은 실내 습도에 취약하며, 이는 곰팡이 증식을 위한 최적의 환경을 제공한다. 곰팡이는 자체적으로 알레르기, 천식, 호흡기 감염을 유발하는 포자와 독성 대사산물(마이코톡신)을 공기 중으로 방출한다.<sup>34</sup>

- **화학물질 방출 (VOCs & 암모니아):** 현대 콘크리트에는 작업성 향상을 위해 다양한 유기 휘발제가 사용될 수 있다. 마감 처리되지 않은 표면에서는 이러한 첨가제나 콘크리트 자체에서 휘발성 유기화합물(VOCs)과 암모니아(NH<sub>3</sub>)가 방출될 수 있다.<sup>38</sup> 이러한 화학물질은 두통, 현기증, 메스꺼움, 점막 자극 등 '병든 건물 증후군'의 전형적인 증상을 유발한다.<sup>39</sup>

이러한 유해 요인들은 독립적으로 작용하는 것이 아니라 서로 시너지 효과를 일으킬 수 있다. 예를 들어, 콘크리트 분진 입자는 곰팡이 포자나 VOC 분자를 흡착하여 폐 깊숙한 곳까지 운반하는 매개체 역할을 할 수 있다. 또한, RCS에 의해 유발된 폐의 만성 염증은 다른 호흡기 감염이나 화학물질의 독성에 대한 민감도를 높일 수 있다. 따라서 마감되지 않은 콘크리트 천장은 단순한 분진 문제를 넘어, 복합적인 실내 환경 오염원으로 간주하고 종합적인 대책을 수립해야 한다.

---

## 제3장: 완화 도구로서의 공기청정기 평가

사무실 내 콘크리트 분진 문제에 대한 즉각적인 대응책으로 공기청정기 사용을 고려할 수 있다. 공기청정기는 부유하는 입자상 오염물질을 제거하는 데 효과적인 장비이지만, 그 성능과 한계를 정확히 이해하고 전략적으로 사용해야만 의미 있는 효과를 기대할 수 있다.

### 3.1. HEPA 필터의 메커니즘과 콘크리트 분진 제거 효율

공기청정기의 핵심은 필터이며, 특히 미세입자 제거에는 헤파(HEPA, High-Efficiency Particulate Air) 필터가 결정적인 역할을 한다.

- **HEPA 필터 등급별 성능:** HEPA 필터는 유럽 표준(EN1822)에 따라 등급이 나뉘며, 등급이 높을수록 입자 제거 효율이 높다. 기준 입자 크기인 0.3  $\mu\text{m}$ 에 대한 제거 효율은 다음과 같다: E11 등급 (95%), E12 등급 (99.5%), H13 등급 (**99.95%**), H14 등급 (99.995%).<sup>40</sup>
- **콘크리트 분진 입자 크기와의 적합성:** 시멘트 분진의 입자 크기는 0.05  $\mu\text{m}$ 에서 5.0  $\mu\text{m}$ 에 이르며, 인체에 가장 유해한 호흡성 결정형 유리규산(RCS)은 주로 5  $\mu\text{m}$  이하의 미세 입자 형태로 존재한다.<sup>8</sup> H13 등급 HEPA 필터는 0.1  $\mu\text{m}$  크기의 입자까지 99.95% 제거할 수 있도록 설계되어 있어<sup>45</sup>, 공기 중에 부유하는 유해한 콘크리트 미세 분진을 포집하는 데 기술적으로 매우 적합하다. 따라서, 이러한 유해 환경에서는 최소

**H13** 등급 이상의 **HEPA** 필터를 탑재한 공기청정기를 사용하는 것이 필수적이다.

표 2: 공기청정기 **HEPA** 필터 등급별 성능 비교

필터 등급	0.3 μm 입자 제거 효율	일반적 사용 환경	사무실 콘크리트 분진 환경 적합성
E11	95%	일반 가정 환경	부적합: 유해성 높은 초미세입자 제거율이 상대적으로 낮아 보호 효과 불충분
E12	99.5%	일반 가정 환경	권장하지 않음: H13 등급 대비 미세한 성능 차이가 장기적 노출량에 영향
<b>H13</b>	<b>99.95%</b>	의료 시설, 실험실, 민감 계층 가정	최소 요구 사양: 발암물질인 RCS를 효과적으로 제어하기 위한 최소한의 등급
H14	99.995%	반도체 클린룸, 수술실	권장: 더 높은 제거 효율로 안전성을 극대화할 수 있음
ULPA (U15 이상)	99.9995% 이상	초정밀 산업 시설	사무실 환경에는 과도한 성능일 수 있으나, 최고의 안전성 제공

### 3.2. 사무실 내 전략적 배치 및 운영 방안

공기청정기의 성능은 단순히 필터 등급에만 의존하지 않는다. 공간의 특성과 오염원의 위치를 고려한 전략적인 운영이 효과를 극대화하는 데 필수적이다.

- **CADR (청정 공기 공급률)의 중요성:** CADR(Clean Air Delivery Rate)은 공기청정기가 1시간 동안 정화된 공기를 얼마나 많이 공급하는지를 나타내는 핵심 성능 지표(m<sup>3</sup>/h)이다.<sup>46</sup> CADR 값이 높을수록 더 넓은 공간을 더 빠르게 정화할 수 있다.
- **필요 용량 산정:** 사무실에 적합한 공기청정기 용량은 공간의 체적과 시간당 요구 환기 횟수(ACH, Air Changes per Hour)를 기반으로 산정해야 한다. 콘크리트 분진과 같은 고농도 오염 환경에서는 최소 5 ACH 이상을 권장한다. 또한, 실제 사용 공간 면적의 1.3배에서 1.5배에 해당하는 정화 능력을 가진 제품을 선택하는 것이 일반적인 권장 사항이다.<sup>49</sup>
  - 계산식: 필요 CADR (m<sup>3</sup>/h) = 사무실 면적 (m<sup>2</sup>) × 천장 높이 (m) × 요구 ACH (최소 5회)
- **최적의 배치:** 분진 발생원이 천장이므로, 공기청정기를 천장 바로 아래에 두면 강한 기류로 인해 오히려 분진이 더 흩날릴 수 있다. 가장 효과적인 배치는 다음과 같다.
  - 높이: 바닥에서 1~1.5 m 높이의 캐비닛이나 스탠드 위에 설치하여 직원들의 호흡기 높이에서 공기를 정화하도록 한다.<sup>52</sup>
  - 위치: 가능한 한 공간의 중앙에 배치하여 공기 순환을 극대화하고, 벽, 가구 등 공기 흐름을 방해하는 장애물로부터 최소 1 m 이상 거리를 둔다.<sup>52</sup>
- **필터 유지보수:** 콘크리트 분진과 같은 고농도 입자상 물질에 지속적으로 노출되는 환경에서는 필터의 수명이 급격히 단축된다.
  - 프리필터: 큰 입자를 걸러내는 프리필터는 매주 점검하고 HEPA 진공청소기로 청소해야 한다.
  - HEPA 필터: 제조사의 일반적인 교체 주기(보통 12개월)에 관계없이, 3~6개월마다 교체하는 것을 고려해야 한다.<sup>55</sup> 필터가 오염으로 막히면 정화 효율이 급감하고, 심한 경우 포집된 유해물질이 재방출될 위험도 있다.

### 3.3. 비판적 관점: 공기청정기의 명백한 한계

공기청정기는 유용한 도구이지만, 현재 상황에 대한 만병통치약은 결코 아니다. 그 한계를 명확히 인식하는 것이 매우 중요하다.

- **부유 분진 vs. 침강 분진:** 공기청정기는 오직 공기 중에 떠다니는 부유 분진만을 제거할 수 있다. 콘크리트 분진 입자는 비교적 밀도가 높아 중력에 의해 책상, 키보드, 바닥 등 모든 표면에 빠르게 가라앉는다. 이렇게 쌓인 침강 분진은 사람의 움직임, 청소, 공조 시스템 가동 등에 의해 쉽게 재비산되어 다시 호흡기로 유입될 수 있다. 공기청정기는 이 거대한 '침강 분진 저장소' 문제를 해결하지 못한다.
- **지속적인 오염원:** 가장 근본적인 한계는 천장이 끊임없이 새로운 분진을 생성하는 '지속적인 오염원'이라는 점이다. 공기청정기는 밀 빠진 독에 물을 붓는 것과 같이, 생성되는 오염을 따라가며 제거할 뿐, 오염 발생 자체를 멈추게 할 수는 없다.

결론적으로, 공기청정기는 근본적인 해결책이 아닌 완화(Palliative) 조치이다. 즉, 영구적인 해결책이 마련되기 전까지 직원들의 즉각적인 흡입 위험을 줄여주는 필수적인 '응급 처치' 또는 '가교(bridge)' 역할을 수행하는 것으로 그 의미를 한정해야 한다. 공기청정기 사용만으로

문제가 해결되었다고 안주해서는 안 되며, 반드시 근본적인 오염원 제거 조치로 나아가야 한다.

---

## 제4장: 영구적 해결책: 오염원 제어 및 보수

공기청정기를 통한 임시적인 위험 완화 조치를 넘어, 직원들의 건강을 장기적으로 보호하기 위해서는 분진 발생의 근원인 콘크리트 천장 자체를 보수하여 문제를 영구적으로 해결해야 한다. 이는 오염 제거와 표면 안정화의 두 단계로 구성된 체계적인 접근을 요구한다.

### 4.1. 1단계 - 오염 제거: 전문적인 청소 프로토콜

표면 처리 공사에 앞서, 사무실 공간 전체에 퍼져 있는 기존의 콘크리트 분진을 안전하고 효과적으로 제거하는 것이 필수적이다. 잘못된 청소 방법은 오히려 상황을 악화시킬 수 있다.

- **건식 청소의 위험성:** 일반 빗자루나 표준 진공청소기를 사용하는 것은 절대 금물이다. 이러한 방법은 미세한 호흡성 유리규산 입자를 공기 중으로 재비산시켜 작업자의 노출 수준을 급격히 높이는 매우 위험한 행위이다.<sup>59</sup>
- **필수 청소 방법론:** 안전한 오염 제거를 위해서는 다음의 전문적인 방법론을 반드시 따라야 한다.
  - **HEPA 필터 진공청소:** 공기 중으로 미세 입자를 재방출하지 않고 99.97% 이상 포집할 수 있는 인증된 HEPA 필터가 장착된 산업용 진공청소기를 사용해야 한다.<sup>59</sup> 천장, 벽, 가구, 바닥 등 모든 표면의 분진을 흡입한다.
  - **습식 청소:** HEPA 진공청소 후, 젖은 극세사 천이나 걸레를 사용하여 모든 표면을 닦아내야 한다. 물은 분진이 날리는 것을 방지하고 효과적으로 포집하는 역할을 한다. 청소는 항상 위에서 아래 방향(천장 → 벽 → 가구 → 바닥)으로 진행하여 오염된 입자가 아래로 떨어지도록 유도해야 한다.<sup>59</sup> 분진이 완전히 제거될 때까지 이 과정을 여러 번 반복해야 할 수 있다.<sup>64</sup>

### 4.2. 2단계 - 발생원 차단: 콘크리트 표면 처리

오염 제거가 완료된 후, 천장 표면의 약한 레이턴스 층을 강화하고 분진 입자를 영구적으로 고착시켜 더 이상 분진이 발생하지 않도록 해야 한다. 이를 위해 침투성 강화제 또는 도막형 실러를 적용할 수 있다.

- **옵션 A: 침투성 강화제/고밀화제 (Silicate Densifiers):**

- 작용 원리: 소듐, 포타슘, 또는 리튬 실리케이트 기반의 액상 강화제를 표면에 도포한다. 이 용액은 콘크리트의 미세한 공극으로 깊숙이 침투하여 시멘트 수화 과정에서 생성된 수산화칼슘( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )과 화학적으로 반응한다. 이 반응을 통해 콘크리트의 강도를 부여하는 주성분인 규산칼슘수화물(CSH, Calcium Silicate Hydrate) 결정체를 추가로 생성한다.<sup>5</sup>
- 장점: 콘크리트 표면과 일체화되어 박리될 위험이 없고 내구성이 매우 뛰어나다. 콘크리트의 통기성을 유지시키며, 대부분 휘발성 유기화합물(VOCs)을 함유하지 않아 실내 적용에 안전하다.<sup>69</sup>
- 단점: 표면의 외관을 거의 변화시키지 않으므로 미적인 마감 효과는 없다. 표면 상태가 매우 부실한 경우에는 충분한 강화 효과를 얻지 못할 수 있다.<sup>72</sup>
- 옵션 B: 도막형 실러 (Film-Forming Sealers - 에폭시, 폴리우레탄, 아크릴):
  - 작용 원리: 에폭시, 폴리우레탄, 아크릴 등의 고분자 수지를 표면에 도포하여 단단하고 내구성 있는 투명 또는 유색의 막을 형성한다. 이 도막이 분진 발생원을 물리적으로 완전히 캡슐화하여 외부로의 방출을 차단한다.<sup>73</sup>
  - 장점: 분진 차단 효과가 매우 확실하며, 매끄럽거나 광택이 있는 미적 마감 효과를 제공한다. 특히 에폭시나 폴리우레탄은 내마모성과 내화학성이 우수하다.<sup>74</sup>
  - 단점: 부적절한 표면 처리 시 박리될 수 있으며, 콘크리트의 통기성을 막아 내부 습기 문제를 유발할 수 있다. 전통적인 유성 제품은 높은 농도의 VOCs를 방출하여 새로운 실내 공기질 문제를 야기할 수 있다. 따라서 점유 중인 사무실 환경에서는 반드시 VOCs 함량이 없거나 매우 낮은 '무독성' 또는 '수성(Water-based)' 제품을 선택해야 한다.<sup>77</sup>

표 3: 실내 콘크리트 분진 방지용 표면 처리제 비교 분석

구분	침투성 실리케이트 강화제	수성 아크릴 실러	수성 에폭시/폴리우레탄 실러
작용 원리	콘크리트 공극 침투 후 화학 반응으로 표면 자체를 고밀화 및 강화	표면에 얇은 보호 도막 형성	표면에 두껍고 견고한 보호 도막 형성
분진 차단 효과	우수 (표면 자체를 강화)	양호 (물리적 캡슐화)	매우 우수 (견고한 물리적 캡슐화)
내구성/내마모성	매우 우수 (박리 위험 없음)	보통 (마모될 수 있음)	매우 우수 (산업용 바닥에도 사용)
미관	외관 변화 거의 없음	투명 또는 유색, 저광/유광 선택	투명 또는 유색,

	(무광)	가능	고광택 마감 가능
<b>VOCs 함량</b>	거의 없음 (Zero-VOC)	낮음 (Low-VOC)	낮음 (Low-VOC)
사무실 천장 적용 시 고려사항	가장 안전하고 영구적인 해결책. 미관 개선이 필요 없을 시 최적.	경제적이고 시공이 용이하나, 내구성이 상대적으로 낮아 재시공 주기가 짧을 수 있음.	최고의 분진 차단 효과와 내구성을 제공. 초기 비용이 높을 수 있으나 장기적으로 효과적.

## 제5장: 규제 현황 및 법적 책임

사무실 내 콘크리트 분진 문제는 단순한 환경 문제를 넘어, 사업주와 건물 소유주에게 법적 책임을 부과하는 산업안전보건 및 환경 규제의 대상이다. 관련 법규와 기준을 이해하는 것은 문제의 심각성을 객관적으로 평가하고, 필요한 조치를 이행해야 할 당위성을 확보하는 데 필수적이다.

### 5.1. 위험의 기준: 직업적 노출 기준 (OELs)

작업 환경의 유해성을 판단하는 객관적인 척도는 정부 기관이 설정한 직업적 노출 기준(Occupational Exposure Limits)이다.

- **대한민국 기준 (고용노동부):** 「산업안전보건법」에 따라, 호흡성 결정형 유리규산(석영, 크리스토파라이트, 트리디마이트)의 노출 기준은 **\*\*8시간 시간가중평균(TWA) 농도로서 0.05mg/m3\*\***으로 설정되어 있다.<sup>12</sup> 이는 거의 모든 근로자에게 진폐증 발생을 최소화하기 위한 기준이다. 일반 광물성 분진의 경우 10mg/m3의 기준이 적용된다.<sup>80</sup>
- **국제 기준 (미국 OSHA):** 미국 산업안전보건청(OSHA)은 더욱 엄격한 관리 체계를 운영한다. 허용노출기준(PEL)은 한국과 동일한 **\*\*50µg/m3 (0.05mg/m3)\*\***이지만, 이보다 낮은 **\*\*25µg/m3 (0.025mg/m3)\*\***을 '조치 수준(Action Level)'으로 설정하고 있다. 공기 중 농도가 조치 수준을 초과할 경우, 사업주는 의무적으로 작업환경측정, 근로자 교육, 의학적 감시 등 종합적인 관리 프로그램을 시작해야 한다.<sup>81</sup>
- **시사점:** 사무실과 같이 분진 발생이 예상되지 않는 공간에서는 결정형 유리규산이 검출되지 않는 것이 정상이다. 만약 공기질 측정 결과, 미량이라도 RCS가 검출된다면 이는

심각한 문제의 신호이며, 농도가 미국 OSHA의 조치 수준인 0.025mg/m<sup>3</sup>에 근접하거나 초과한다면 이는 명백히 위험한 작업 환경으로 간주되어야 한다.

## 5.2. 대한민국 법률에 따른 책임 소재

해당 문제는 임대차 계약의 당사자인 건물 소유주(임대인)와 사무실을 운영하는 사업주(임차인) 모두에게 법적 책임을 부과한다.

- 건물 소유주(임대인)의 수선 의무: 대한민국 민법 제623조는 "임대인은 목적물을 임차인에게 인도하고 계약존속 중 그 사용, 수익에 필요한 상태를 유지하게 할 의무를 부담한다"고 명시하고 있다.<sup>85</sup> 천장에서 지속적으로 유해 분진이 떨어지는 것은 임차인이 계약된 목적(사무 공간)에 따라 안전하게 건물을 사용·수익할 수 없는 상태에 해당하므로, 이는 명백한 하자에 해당한다. 따라서 건물 소유주는 이 하자를 수선할 법적 의무를 진다.
- 사업주(임차인)의 안전보건 확보 의무: \*\*「산업안전보건법」\*\*은 사업주에게 근로자의 안전과 건강을 유지·증진시킬 의무를 부과한다. 이는 유해인자(분진 등)로부터 근로자를 보호하기 위한 제반 조치를 포함한다.<sup>87</sup> 사업주는 위험성 평가를 실시하고, 분진의 유해성과 예방 대책에 대해 근로자에게 알려야 하며<sup>89</sup>, 필요한 경우 환기 장치 설치, 보호구 지급, 건강진단 실시 등의 보건조치를 이행해야 한다.<sup>12</sup>
- 다중이용시설 소유자의 실내공기질 관리 의무: \*\*「실내공기질 관리법」\*\*은 일정 규모 이상의 사무실 건물을 '다중이용시설'로 분류하고, 해당 시설의 소유자·점유자 또는 관리자에게 실내공기질을 유지기준에 맞게 관리할 의무를 부여한다. 여기에는 정기적인 오염도 측정 및 결과 보고, 환기설비 설치 등의 의무가 포함된다.<sup>90</sup>

이처럼 건물 소유주는 시설 자체의 결함을 수리할 1차적 책임이 있으며, 사업주는 그 공간에서 일하는 근로자의 안전을 확보해야 할 직접적인 책임이 있다. 이 두 책임은 상호 배타적이지 않으며, 문제가 해결될 때까지 동시에 존재한다. 따라서 사업주(임차인)는 건물 소유주에게 즉각적인 수리를 요구할 법적 권리가 있으며, 동시에 수리가 완료될 때까지 공기청정기 설치, 전문 청소 실시 등 자체적인 보호 조치를 취해야 할 법적 의무를 가진다. 이 모든 과정, 특히 건물 소유주에게 문제를 알리고 수리를 요구하는 과정은 내용증명과 같은 서면으로 명확히 기록하여 추후 법적 분쟁의 증거로 확보하는 것이 매우 중요하다.<sup>94</sup>

---

## 제6장: 종합 권고 및 실행 계획

분석 결과를 바탕으로, 사무실 내 콘크리트 분진 문제를 해결하기 위한 체계적이고 우선순위에 입각한 실행 계획을 다음과 같이 제시한다. 이 계획은 즉각적인 위험 감소와 근본적인 문제

해결을 동시에 추구하며, 법적 의무를 준수하는 것을 목표로 한다.

## 6.1. 단계별 완화 전략

### 1단계: 즉각적인 평가 및 문서화 (1주 이내)

1. 전문가 개입: 즉시 산업위생관리기술사 또는 공인된 작업환경측정기관에 의뢰하여 사무실 내 공기질 정밀 측정을 실시한다. 측정 항목에는 총 부유 분진, 호흡성 분진, 그리고 가장 중요한 호흡성 결정형 유리규산(**RCS**) 농도가 반드시 포함되어야 한다.<sup>12</sup> 이는 문제의 심각성을 객관적인 데이터로 입증하는 핵심 단계이다.
2. 증거 확보: 천장에서 분진이 떨어지는 모습, 표면에 쌓인 분진, 분진으로 인한 오염 등을 날씨가 포함된 사진과 영상으로 상세히 기록한다. 또한, 직원들이 호소하는 건강 이상 증상(기침, 안구 통증, 피부 가려움 등)을 날짜, 시간, 증상 내용과 함께 기록으로 남긴다.<sup>94</sup>
3. 공식 통보: 수집된 증거와 전문가의 예비 소견을 첨부하여 건물 소유주(임대인)에게 내용증명 우편을 발송한다. 통지서에는 민법 제623조에 따른 임대인의 수선의무를 명시하고, 유해물질로 인한 직원 건강 위험을 고지하며, 조속한 시일 내에 근본적인 보수 공사를 이행해 줄 것을 공식적으로 요구한다.

### 2단계: 임시 통제 조치 (1~2주 이내)

1. 공기 정화: 즉시 H13 등급 이상의 HEPA 필터를 장착한 공기청정기를 구매 또는 임대하여 설치한다. 제3.2절의 CADR 계산법에 따라 사무실 전체 체적을 시간당 최소 5회 이상 정화할 수 있는 충분한 용량의 제품을, 권장 배치 원칙에 따라 설치한다.
2. 오염 확산 방지: 전문 청소 업체를 통해 제4.1절에 기술된 방식(HEPA 진공청소 및 습식 청소)에 따른 초기 대청소를 실시한다. 이후 보수 공사 전까지 동일한 방식으로 청소 주기를 강화(예: 매일)하여 침강 분진의 재비산을 최소화한다.
3. 직원 소통: 전 직원에게 현재 상황, 확인된 건강 유해성, 그리고 회사가 직원 보호를 위해 시행 중인 임시 조치들(공기청정기 가동, 특별 청소 등)과 향후 계획(근본 보수)에 대해 투명하게 설명한다. 이는 직원의 불안을 해소하고 회사의 신뢰를 유지하는 데 매우 중요하다.

### 3단계: 영구적 보수 (2~6주 내)

1. 업체 선정: 건물 소유주와 협력하여 콘크리트 표면 처리 전문 시공업체로부터 견적을 받는다. 업체 선정 시, 실내 작업 경험과 저휘발성유기화합물(Low-VOC) 또는 무독성 제품 사용 여부를 반드시 확인해야 한다.
2. 공사 시행: 직원들의 추가 노출을 최소화하기 위해 가급적 주말이나 야간 등 업무 시간 외에 공사를 진행하도록 조율한다. 공사 과정은 다음을 반드시 포함해야 한다.
  - (1) 작업 공간 격리 및 보양: 비닐 시트 등으로 작업 구역을 완벽히 밀폐하고, 가구 및 집기를 보호한다.
  - (2) 표면 오염 제거: 제4.1절에 따른 전문적인 분진 제거 작업을 다시 한번 실시한다.
  - (3) 표면 처리: 제4.2절 및 표 3의 내용을 참고하여, 현장 상황과 예산에 가장 적합한

저VOC 표면 처리제(침투성 강화제 또는 도막형 실러)를 도포한다.

3. 환기 및 양생: 시공 후, 제조사의 지침에 따라 충분한 환기를 통해 잔여 화학물질을 배출하고, 처리제가 완전히 경화될 때까지 충분한 양생 시간을 확보한다.

#### 4단계: 사후 검증 (7주차 이후)

1. 공기질 재측정: 표면 처리제가 완전히 양생된 후, 1단계에서 의뢰했던 동일 기관을 통해 공기질 재측정을 실시한다. 호흡성 분진 및 RCS 농도가 안전한 수준(검출되지 않거나 자연 배경 농도 수준)으로 감소했음을 데이터로 확인한다.
2. 결과 공유: 검증된 결과를 건물 소유주 및 전 직원과 공유하여 문제가 완전히 해결되었음을 알린다.

## 6.2. 장기적 건강 및 안전 관리

1. 정기적 공기질 점검: 보수 공사 이후에도 연 1회 등 정기적으로 실내 공기질을 점검하여 표면 처리제의 효과가 지속되는지, 다른 잠재적 오염원은 없는지 확인하는 것이 좋다.
2. 의학적 감시: 초기 공기질 측정 결과 RCS 농도가 높게 나타났거나, 장기간 근무한 직원 중 호흡기 증상을 호소하는 이가 있는 경우, 사업주는 산업보건 전문의와 상담하여 의학적 감시 프로그램(배치전환, 건강진단 등)의 필요성을 검토해야 한다. 이는 산업안전보건법에 따른 사업주의 의무 이행과 관련된다.<sup>12</sup>
3. 공조(HVAC) 시스템 점검: 분진 발생 기간 동안 사무실의 공조 시스템(HVAC) 덕트 내부에 콘크리트 분진이 대량으로 축적되었을 가능성이 높다. 이는 보수 후에도 지속적인 실내 오염원으로 작용할 수 있으므로, 전문 업체를 통해 덕트 내부 세척 및 필터 교체를 반드시 시행해야 한다.

### 참고 자료

1. Dusting Concrete - ConcreteSouth.com, 9월 1, 2025에 액세스, <https://concretesouth.com/tech-center/tech-topics-ready-mix/dusting-concrete>
2. Concrete Laitance: Causes, Effects & Removal Methods - Brick & Bolt, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.bricknbolt.com/blogs-and-articles/construction-guide/concrete-laitance>
3. Key Factors Affecting Concrete Durability and Strategies for Improvement, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.surechemical.com/aboutus/RP20250410-Key-Factors-Affecting-Concrete-Durability-and-Strategies-for-Improvement.html>
4. Durability, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.engr.psu.edu/ce/courses/ce584/concrete/library/materials/aggregate/durability.htm>
5. Concrete Dusting: Identification and Permanent Solutions - SpecChem, 9월 1, 2025에 액세스,

- <https://specchem.com/resources/concrete-dusting-identification-and-permanent-solutions/>
6. Dusting of concrete, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.concrete.org.uk/fingertips/dusting-of-concrete/>
  7. Laitance is the weak, powdery, chalky layer of cement dust - All Things Flooring, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://allthingsflooring.com/2017/02/laitance-flowcrete-cement/>
  8. 시멘트 제조 · 취급사업장에서 발생하는 공기 중 분진의 노출평가, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.jksoeh.org/main/download.htm?code=J02704013>
  9. 콘크리트 취급사업장의 공기 중 석영 분석방법 비교 Analysis of Quartz ..., 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.jksoeh.org/main/download.htm?code=J02302005>
  10. 한국의 시멘트 공장 근로자들의 흉부엑스선 소견에 대한 연구, 9월 1, 2025에 액세스, [https://kiha21.or.kr/monthly/2016/8/SOBGBO\\_2016\\_s340\\_33.pdf](https://kiha21.or.kr/monthly/2016/8/SOBGBO_2016_s340_33.pdf)
  11. 37. 산화규소, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://www.moel.go.kr/common/downloadFile.do?file\\_seq=21171222111&bbs\\_seq=112794&bbs\\_id=29&file\\_ext=pdf](https://www.moel.go.kr/common/downloadFile.do?file_seq=21171222111&bbs_seq=112794&bbs_id=29&file_ext=pdf)
  12. 결정형 유리규산 노출 근로자의 보건관리지침 2013. 9. 한국산업안전 ..., 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://musa-lab.com/superboard/lib/download.php?wm\\_table=policy&wm\\_bid=255&wm\\_num=0](https://musa-lab.com/superboard/lib/download.php?wm_table=policy&wm_bid=255&wm_num=0)
  13. 결정질 실리카 - 3M, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://multimedia.3m.com/mws/media/2240865O/psd-ia-hazard-awareness-bulletin-crystalline-silica-kr.pdf>
  14. 지속적인 근로자 건강관리가 필요한 유해인자의 종류 및 관리방안 마련 연구 (건강관리카드 중 - 안전보건공단, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://kosha.or.kr/oshri/publication/researchReportSearch.do?mode=download&articleNo=419780&attachNo=237085>
  15. 시멘트에 대한 오해와 진실, 9월 1, 2025에 액세스,  
<http://www.cement.or.kr/plus/%EC%8B%9C%EB%A9%98%ED%8A%B8%EC%97%90%EB%8C%80%ED%95%9C%EC%98%A4%ED%95%B4%EC%99%80%EC%A7%84%EC%8B%A4.pdf>
  16. [단독] 시멘트에 아토피·암 유발 중금속 '뒤범벅' - 한겨레, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/155909.html>
  17. 건설현장 보건관리 - 대한건설협회 서울특별시회., 9월 1, 2025에 액세스,  
[http://scak.or.kr/file/aff\\_offi\\_doc/2015/%EB%B6%99%EC%9E%842\\_%EC%95%88%EC%A0%84%EA%B3%B5%EB%8B%A8%ED%99%8D%EB%B3%B4%EC%9E%90%EB%A3%8C.pdf](http://scak.or.kr/file/aff_offi_doc/2015/%EB%B6%99%EC%9E%842_%EC%95%88%EC%A0%84%EA%B3%B5%EB%8B%A8%ED%99%8D%EB%B3%B4%EC%9E%90%EB%A3%8C.pdf)
  18. 콘크리트 분진, 중대재해 요인된다...사고위험 이렇게 예방! - 한국재난안전뉴스, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.kdsn.co.kr/mobile/article.html?no=27172>
  19. [환경보건 이슈기획I-③]콘크리트에 갇힌 도시인, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.hkbs.co.kr/news/articleView.html?idxno=312271>
  20. 콘크리트 제국의 무서운 진실, '콘크리트 암토피아' - 르몽드 디플로마티크, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.ilemonde.com/news/articleView.html?idxno=18378>
  21. ICSC 0808 - 석영, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=0808&p\\_versi](https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0808&p_versi)

- [on=1&p\\_lang=ko](#)
22. 결정질 실리카 - FAQ - icare, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.icare.nsw.gov.au/-/media/icare/unique-media/global-header/news-and-stories/news/were-speaking-your-language-silica-information-for-workers/silica-fact-sheet---korean.pdf>
  23. Quarzkies SB 5 - 8 mm F - Quarzwerke GmbH, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.quarzwerke.com/kundeninformation/sicherheitsdatenblaetter?fileUid=89036&type=1688485981&cHash=e651e8d7f2f8e6636c0e6a145c0fe6f4>
  24. [SS046] 실리카에 대한 직업적 노출 과학적 증거 및 ... - 안전보건공단, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity\\_D.do?mode=download&articleNo=257636&attachNo=139590](https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity_D.do?mode=download&articleNo=257636&attachNo=139590)
  25. 실리카 스마트. - Safe Work Australia, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.safeworkaustralia.gov.au/clearlungs/korean>
  26. Symptoms and Medical Monitoring | Silica - CDC, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.cdc.gov/niosh/silica/symptoms/index.html>
  27. Silicosis : MedlinePlus Medical Encyclopedia, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://medlineplus.gov/ency/article/000134.htm>
  28. Silicosis - NHS, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.nhs.uk/conditions/silicosis/>
  29. Silica, Crystalline - Health Effects | Occupational Safety and Health Administration, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.osha.gov/silica-crystalline/health-effects>
  30. 폐 관찰다는데 수년간 '콜록'...시멘트 분진 영향 밝혔다 - 연합뉴스, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20200721061700062>
  31. 시멘트공장 먼지로 인한 건강피해 총 6억 2300만원 배상 결정 - KDI 경제교육, 9월 1, 2025에 액세스, <https://eiec.kdi.re.kr/policy/materialView.do?num=127005>
  32. 작업 현장의 분진 유형 - 보쉬전문가용 전동공구, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.bosch-pt.co.kr/kr/ko/dust-control/dust-types/>
  33. 시멘트 분진과 환경성질환 - KoreaMed Synapse, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://synapse.koreamed.org/upload/synapsedata/pdfdata/0119jkma/jkma-55-230.pdf>
  34. Can Mold Grow on Concrete? 5 Ways To Prevent It - Rainbow Restoration, 9월 1, 2025에 액세스, <https://rainbowrestores.com/blog/can-mold-grow-on-concrete>
  35. Concrete vs. Other Materials: Which Is More Prone to Mold Growth?, 9월 1, 2025에 액세스, <https://themoldassassins.com/blog/concrete-vs-other-materials/>
  36. How Concrete Masonry Walls Prevent Mold and Moisture | NMP, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.nitterhousemasonry.com/blog/how-concrete-masonry-walls-prevent-mold-and-moisture/>
  37. Can Mold Grow on Concrete? Understanding the Risks and Prevention, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://moldinspect.org/can-mold-grow-on-concrete-understanding-the-risks-and-prevention/>
  38. Emissions from concrete an indoor air quality issue? - kumlin.biz, 9월 1, 2025에 액세스, <http://media1.kumlin.biz/2016/02/Emissions-from-concrete.pdf>

39. Understanding Off-Gassing in Home Construction - Constructor, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.constructor.net.au/understanding-off-gassing-in-residential-construction/>
40. HEPA필터 등급과 MERV 등급 확인 - 기계설비 - 티스토리, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://himec.tistory.com/?page=2>
41. 공기청정기 필터, 종류별 어떤 효과가 있을까? (헤파필터, 교체주기, 청소 총정리) - 아정당, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://www.ajd.co.kr/contents/basic-tip/detail/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0%20ED%95%84%ED%84%B0%2C%20EC%A2%85%EB%A5%98%EB%B3%84%20EC%96%B4%EB%96%A4%20ED%9A%A8%EA%B3%BC%EA%B0%80%20EC%9E%88%EC%9D%84%EA%B9%8C%3F%20\(%ED%97%A4%ED%8C%8C%ED%95%84%ED%84%B0%2C%20EA%B5%90%EC%B2%B4%EC%A3%BC%EA%B8%B0%2C%20EC%B2%AD%EC%86%8C%20%EC%B4%9D%EC%A0%95%EB%A6%AC\)-6393](https://www.ajd.co.kr/contents/basic-tip/detail/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0%20ED%95%84%ED%84%B0%2C%20EC%A2%85%EB%A5%98%EB%B3%84%20EC%96%B4%EB%96%A4%20ED%9A%A8%EA%B3%BC%EA%B0%80%20EC%9E%88%EC%9D%84%EA%B9%8C%3F%20(%ED%97%A4%ED%8C%8C%ED%95%84%ED%84%B0%2C%20EA%B5%90%EC%B2%B4%EC%A3%BC%EA%B8%B0%2C%20EC%B2%AD%EC%86%8C%20%EC%B4%9D%EC%A0%95%EB%A6%AC)-6393)
42. HEPA필터 등급 바로알기! - 에누리 쇼핑지식 구매가이드, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.enuri.com/knowcom/detail.jsp?kbn0=579941>
43. 공기청정기 필터 높은 등급이 필요없는 이유! - 노써치, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://nosearch.com/contents/encyclopedia/season/air\\_purifier/40](https://nosearch.com/contents/encyclopedia/season/air_purifier/40)
44. 공기청정기 헤파필터, 등급보다 중요한 3가지! 꿀팁 정리 - 아정당, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://www.ajd.co.kr/contents/basic-tip/detail/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0\\_%ED%97%A4%ED%8C%8C%ED%95%84%ED%84%B0%2C\\_%EB%93%B1%EA%B8%89%EB%B3%B4%EB%8B%A4\\_%EC%A4%91%EC%9A%94%ED%95%9C\\_3%EA%B0%80%EC%A7%80!\\_%EA%BF%80%ED%8C%81\\_%EC%A0%95%EB%A6%AC-52017](https://www.ajd.co.kr/contents/basic-tip/detail/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0_%ED%97%A4%ED%8C%8C%ED%95%84%ED%84%B0%2C_%EB%93%B1%EA%B8%89%EB%B3%B4%EB%8B%A4_%EC%A4%91%EC%9A%94%ED%95%9C_3%EA%B0%80%EC%A7%80!_%EA%BF%80%ED%8C%81_%EC%A0%95%EB%A6%AC-52017)
45. 공기청정기 필터 | 다이슨 | www.dyson.co.kr, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.dyson.co.kr/support/purifier-filter>
46. 뉴스 - 공기청정기 CCM CADR이란?, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.airdow.com/ko/news/what-is-air-purifier-ccm-cadr/>
47. CADR이란 무엇입니까? Mi 공기 청정기의 CADR? - Xiaomi 코리아, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.mi.com/kr/support/article/KA-28303/>
48. 공기청정기 주택 실내환경 미세먼지 제거 성능시험 방법, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://www.kaca.or.kr/web\\_basic/program/mit/download.php?pagen=474&ftype=15&fname=SPS-C\\_KACA\\_0036-XXXX\\_%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0\\_%EC%A3%BC%ED%83%9D\\_%EC%8B%A4%ED%99%98%EA%B2%BD\\_%EB%AF%B8%EC%84%B8%EB%A8%BC%EC%A7%80\\_%EC%A0%9C%EA%B1%B0\\_%EC%84%B1%EB%8A%A5%EC%8B%9C%ED%97%98%EB%B0%A9%EB%B2%95\\_%EC%B5%9C%EC%A2%85%EC%88%98%EC%A0%95.pdf&fchecksum=3c4287c37e0b482bba56c7ceb07be38e6de2a4a54e71e575a8ff63c3b886b1e0](https://www.kaca.or.kr/web_basic/program/mit/download.php?pagen=474&ftype=15&fname=SPS-C_KACA_0036-XXXX_%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0_%EC%A3%BC%ED%83%9D_%EC%8B%A4%ED%99%98%EA%B2%BD_%EB%AF%B8%EC%84%B8%EB%A8%BC%EC%A7%80_%EC%A0%9C%EA%B1%B0_%EC%84%B1%EB%8A%A5%EC%8B%9C%ED%97%98%EB%B0%A9%EB%B2%95_%EC%B5%9C%EC%A2%85%EC%88%98%EC%A0%95.pdf&fchecksum=3c4287c37e0b482bba56c7ceb07be38e6de2a4a54e71e575a8ff63c3b886b1e0)
49. www.ajd.co.kr, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.ajd.co.kr/contents/basic-tip/detail/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0%20ED%9A%A8%EA%B3%BC%2092%25%EC%9D%B4%EC%83%81%20%EB%86%92%EC%9D%B4%EB%8A%94%20%EB%B0>

[%A9%EB%B2%95%EC%9D%80%3F%20\(%EA%B3%B5%EA%B0%84%EB%B3%84%20%ED%8F%89%EC%88%98%2C%20%EA%B0%AF%EC%88%98%20%EA%B3%A0%EB%A5%B4%EA%B8%B0\)-10811#:~:text=%EC%8B%A4%EC%A0%9C%20%EC%82%AC%EC%9A%A9%ED%95%A0%20%ED%8F%89%EC%88%98%20x%201.5%20%3D%20%EC%82%AC%EC%9A%A9%EB%A9%B4%EC%A0%81&text=%EC%A6%89%2C%20%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0%20%EA%B0%80%EA%B2%A9%EA%B3%BC,%EC%A0%9C%ED%92%88%EC%9D%84%20%EC%84%A0%ED%83%9D%ED%95%98%EC%8B%9C%EB%A9%B4%20%EB%90%A9%EB%8B%88%EB%8B%A4](https://www.samsung.com/kr/%EC%8A%AC%EA%B8%B0%EB%A1%9C%EC%9A%B4-%EA%B3%B5%EC%B2%AD%EC%83%9D%ED%99%9C-%E2%91%A3-%EC%9A%B0%EB%A6%AC%EC%A7%91%EC%97%90-%EB%94%B1-%EB%A7%9E%EB%8A%94-%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0%20%EA%B0%80%EA%B2%A9%EA%B3%BC,%EC%A0%9C%ED%92%88%EC%9D%84%20%EC%84%A0%ED%83%9D%ED%95%98%EC%8B%9C%EB%A9%B4%20%EB%90%A9%EB%8B%88%EB%8B%A4)

50. [슬기로운 공청생활 ④] 우리집에 '딱' 맞는 공기청정기 구매 체크리스트, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://news.samsung.com/kr/%EC%8A%AC%EA%B8%B0%EB%A1%9C%EC%9A%B4-%EA%B3%B5%EC%B2%AD%EC%83%9D%ED%99%9C-%E2%91%A3-%EC%9A%B0%EB%A6%AC%EC%A7%91%EC%97%90-%EB%94%B1-%EB%A7%9E%EB%8A%94-%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95>
51. 평수별 공기청정기, 잘 고르는 방법 (적정 용량, 효과, 갯수 고르기) - 아정당, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://www.ajd.co.kr/contents/basic-tip/detail/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0%20%ED%9A%A8%EA%B3%BC%2092%25%EC%9D%B4%EC%83%81%20%EB%86%92%EC%9D%B4%EB%8A%94%20%EB%B0%A9%EB%B2%95%EC%9D%80%3F%20\(%EA%B3%B5%EA%B0%84%EB%B3%84%20%ED%8F%89%EC%88%98%2C%20%EA%B0%AF%EC%88%98%20%EA%B3%A0%EB%A5%B4%EA%B8%B0\)-10811](https://www.ajd.co.kr/contents/basic-tip/detail/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0%20%ED%9A%A8%EA%B3%BC%2092%25%EC%9D%B4%EC%83%81%20%EB%86%92%EC%9D%B4%EB%8A%94%20%EB%B0%A9%EB%B2%95%EC%9D%80%3F%20(%EA%B3%B5%EA%B0%84%EB%B3%84%20%ED%8F%89%EC%88%98%2C%20%EA%B0%AF%EC%88%98%20%EA%B3%A0%EB%A5%B4%EA%B8%B0)-10811)
52. Best Place to Put Air Purifier - Intellipure, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.intellipure.com/blogs/clean-air/best-place-to-put-air-purifier-intellipure>
53. What is the Best Location for an Air Purifier? - Rabbit Air, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.rabbitair.com/pages/what-is-the-best-location-for-an-air-purifier>
54. Best Placement for an Air Purifier: Top Tips 2025 - Abaco Air Experts, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://abacoairexperts.com/2025/02/06/best-placement-for-an-air-purifier/>
55. HEPA filter replacement guidelines: recommended frequency - Kleanlabs, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://kleanlabs.com/blog/hepa-filter-replacement-guidelines-recommended-frequency/>
56. How Long Do HEPA Filters Last? | Lifespan and Replacement Tips, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://customfiltersdirect.com/blogs/air-filter-blog/how-long-do-hepa-filters-last>
57. How often to change hepa filter in air purifier: 3 proven tips - SonoHealth, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://sonohealth.com/how-often-to-change-hepa-filter-in-air-purifier/>
58. An Air Purifier for Construction Dust: Say Goodbye to Dust and Debris - HEPACART, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.hepacart.com/blog/an-air-purifier-for-construction-dust-say-goodb>

- [ye-to-dust-and-debris](#)
59. How to Clean Up Construction Dust After Renovation: A Step-by-Step Guide, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.blockrenovation.com/guides/maintenance/how-to-clean-up-dust-after-construction>
  60. 콘크리트 먼지 청소 꿀팁... : r/HomelImprovement - Reddit, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://www.reddit.com/r/HomelImprovement/comments/oafdwb/best\\_way\\_to\\_clean\\_up\\_concrete\\_dust/?tl=ko](https://www.reddit.com/r/HomelImprovement/comments/oafdwb/best_way_to_clean_up_concrete_dust/?tl=ko)
  61. Silica Dust: How to Reduce/Remediate the Health Risk it Presents on Construction Sites, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://vertexeng.com/insights/silica-dust-how-to-reduce-remediate-the-health-risk-it-presents-on-construction-sites/>
  62. The Role of Hepa Vacuum Systems in Construction Efficiency - iQ Power Tools, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://iqpowertools.com/blogs/news/hepa-vacuum-construction-efficiency>
  63. 인쇄된 콘크리트 청소 : 핵심 사항, 조언 및 주의 사항 - Topciment, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.topciment.com/ko/nyuseu/cheongso-inswae-konkeuliteu-ki-joeon-mich-jujisahang>
  64. 입주청소 분진 가루 먼지 청소 방법 - 새집느낌통신, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://www.nhfeel.co.kr/%EC%9E%85%EC%A3%BC%EC%B2%AD%EC%86%8C-%EB%B6%84%EC%A7%84-%EA%B0%80%EB%A3%A8-%EB%A8%BC%EC%A7%80-%EC%B2%AD%EC%86%8C-%EB%B0%A9%EB%B2%95/>
  65. 콘크리트 표면강화제 - 삼화페인트, 9월 1, 2025에 액세스,  
[https://ftpp.samhwa.com/hfb01\\_w/2023/11/33052150/1pntg3052150\\_%EC%BD%98%ED%81%AC%EB%A6%AC%ED%8A%B8%20%ED%91%9C%EB%A9%B4%EA%B0%95%ED%99%94%EC%A0%9C.pdf](https://ftpp.samhwa.com/hfb01_w/2023/11/33052150/1pntg3052150_%EC%BD%98%ED%81%AC%EB%A6%AC%ED%8A%B8%20%ED%91%9C%EB%A9%B4%EA%B0%95%ED%99%94%EC%A0%9C.pdf)
  66. 콘크리트 표면강화제 - 삼화페인트, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://samhwa.com/paint/3052150>
  67. 콘크리트 표면강화제 씨카플로어 큐어하드24(액상하드너) - 새현산업 - 티스토리, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://saehyun.tistory.com/entry/%EC%BD%98%ED%81%AC%EB%A6%AC%ED%8A%B8-%ED%91%9C%EB%A9%B4%EA%B0%95%ED%99%94%EC%A0%9C-%EC%94%A8%EC%B9%B4%ED%94%8C%EB%A1%9C%EC%96%B4-%ED%81%90%EC%96%B4%ED%95%98%EB%93%9C24%EC%95%A1%EC%83%81%ED%95%98%EB%93%9C%EB%84%88>
  68. 액상하드너 - JOEUN SPS, 9월 1, 2025에 액세스,  
<http://www.joeunsp.com/sp.php?p=28>
  69. 타 강화제와의 비교 - 닥터프로아, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://drfloor.net/193342138>
  70. 콘크리트강화제 내추럴실러NS-H - ::: 영일화성"내추럴실러" 홈페이지 방문을 환영합니다 :::, 9월 1, 2025에 액세스,  
[http://www.youngilchem.co.kr/n/kr/01\\_product/02\\_naturalsealer\\_ns-h.asp](http://www.youngilchem.co.kr/n/kr/01_product/02_naturalsealer_ns-h.asp)
  71. Need to fix a dusty concrete driveway or garage floor?, 9월 1, 2025에 액세스,  
<https://on-crete.com.au/need-to-fix-a-dusty-concrete-driveway-or-garage-floor>

- L
72. How to Stop Concrete Dusting of your Garage Floor, 9월 1, 2025에 액세스, <https://allgaragefloors.com/stop-concrete-garage-floor-dusting/>
  73. 내부 및 외부 표면을 위한 5가지 최고의 콘크리트 실러 - SolidSmack, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.solidsmack.com/ko/buying-guides/best-concrete-sealers/>
  74. 콘크리트 표면에 대해 알아야 할 모든 것 - Kangfeides, 9월 1, 2025에 액세스, <https://kabrasives.com/ko/blog/%EC%BD%98%ED%81%AC%EB%A6%AC%ED%8A%B8-%ED%91%9C%EB%A9%B4%EC%97%90-%EB%8C%80%ED%95%B4-%EC%95%8C%EC%95%84%EC%95%BC-%ED%95%A0-%EB%AA%A8%EB%93%A0-%EA%B2%83/>
  75. The Ultimate Guide to Choosing the Best Concrete Sealer, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.zacharydanielconcrete.com/the-ultimate-guide-to-choosing-the-best-concrete-sealer>
  76. 중국 최고의 수성 에폭시 바닥 페인트 제조 업체 공급 업체 - 좋은 가격 - SUPERIOR, 9월 1, 2025에 액세스, <https://ko.superiorcoating.net/anticorrosive-paint/water-based-epoxy-floor-paint.html>
  77. Top 5 Eco-Friendly Concrete Sealers Reviewed, 9월 1, 2025에 액세스, <https://dependablecwblog.wordpress.com/2025/08/18/top-5-eco-friendly-concrete-sealers-reviewed/>
  78. Green Building Supply, Penetrating Concrete Sealer - Non-Toxic, Eco-Friendly Permanent Waterproofing, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.greenbuildingsupply.com/products/green-building-supply-penetrating-concrete-sealer>
  79. Non-Toxic, Zero-VOC Concrete Sealers - ECOS Paints, 9월 1, 2025에 액세스, <https://ecospaints.net/specialty-products/concrete-products>
  80. 특수건강진단 대상 유해인자 중 분진 7종 하한 기준 수립 필요(산업안전보건법 시행규칙 별표 22.) | 공개청원, 9월 1, 2025에 액세스, <https://cheongwon.go.kr/portal/petition/open/viewdetail/PRI6fcf85f6f3184a228fe2f8f9e0fd2e53?pageIndex=6>
  81. Silica, Crystalline - General Industry and Maritime | Occupational ..., 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.osha.gov/silica-crystalline/general-industry-maritime>
  82. 1910.1053 - Respirable crystalline silica. | Occupational Safety and Health Administration, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1053>
  83. Cal/OSHA Respirable Crystalline Silica Standards and Resources Important Update - California Department of Industrial Relations, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.dir.ca.gov/dosh/respiratory-silica-FAQ.html>
  84. Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica 29 C.F.R. § 1910.1053 - OSHA, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.osha.gov/silica-crystalline/general-industry-info>
  85. 임대차 목적물의 하자, 누가 수선해야 할까?, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.scourt.go.kr/portal/gongbo/PeoplePopupView.work?gubun=23&seqNum=1737>
  86. [상가임대차] 임대인에게 누수하자 수선을 요구할 수 있나요 - Daum 카페, 9월 1,

- 2025에 액세스, <https://cafe.daum.net/2360222/qSxL/187>
87. 산업안전보건기준에 관한 규칙 - 국가법령정보센터, 9월 1, 2025에 액세스, <http://www.law.go.kr/LSW//lsLawLinkInfo.do?lsJoLnkSeq=1000996903&chrClsCd=010202&lsld=007363&print=print>
  88. 분진 발생 작업관리 지침서, 9월 1, 2025에 액세스, <https://bacherd81.tistory.com/87>
  89. 산업보건기준에 관한 규칙 - YESLAW, 9월 1, 2025에 액세스, <http://www.yeslaw.com/lims/front/page/fulltext.html?pAct=view&pPromulgationNo=139077>
  90. Indoor Air Quality Management, 9월 1, 2025에 액세스, <https://airkorea.or.kr/jfile/readDownloadFile.do?fileId=165883c0cdb84&fileSeq=1&useSecurity=&uploadMode=db>
  91. Indoor Air Quality Control Act - Statutes of the Republic of Korea, 9월 1, 2025에 액세스, [https://elaw.klri.re.kr/eng\\_mobile/viewer.do?hseq=63632&type=part&key=39](https://elaw.klri.re.kr/eng_mobile/viewer.do?hseq=63632&type=part&key=39)
  92. INDOOR AIR QUALITY CONTROL ACT, 9월 1, 2025에 액세스, [https://elaw.klri.re.kr/eng\\_service/lawView.do?hseq=41231&lang=ENG](https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=41231&lang=ENG)
  93. 부동산/임대차 > 실내공기질 측정기록의 보존 - 찾기쉬운 생활법령정보, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.easylaw.go.kr/CSP/OnhunqueansInfoRetrieve.laf?onhunqnaAstSeq=84&onhunqueSeq=6231>
  94. Landlord-Tenant Issues | State of California - Department of Justice - Office of the Attorney General, 9월 1, 2025에 액세스, <https://oag.ca.gov/tenants>
  95. How to Identify and Document Landlord Negligence - Narayan Law, 9월 1, 2025에 액세스, <https://narayanlegal.com/document-landlord-negligence/>
  96. Filing a Lawsuit Against Your Landlord for Unsafe Living Conditions - Serve the Injured, 9월 1, 2025에 액세스, <https://servetheinjured.com/filing-a-lawsuit-against-your-landlord-for-unsafe-living-conditions/>
  97. 작업환경측정 및 정도관리규정, 9월 1, 2025에 액세스, [https://www.moel.go.kr/local/incheonbukbu/common/downloadFile.do?file\\_seq=21171250320&bbs\\_seq=1181645504360&bbs\\_id=LOCAL1](https://www.moel.go.kr/local/incheonbukbu/common/downloadFile.do?file_seq=21171250320&bbs_seq=1181645504360&bbs_id=LOCAL1)
  98. Medical Monitoring Under the OSHA Silica Standard for the Construction Industry - Guide For Employers, 9월 1, 2025에 액세스, [https://www.silica-safe.org/training-and-other-resources/manuals-and-guides/as-set/The-Silica-Standard-medical-monitoring\\_Final\\_.pdf](https://www.silica-safe.org/training-and-other-resources/manuals-and-guides/as-set/The-Silica-Standard-medical-monitoring_Final_.pdf)
  99. 1910.1053 App B - Medical Surveillance Guidelines | Occupational Safety and Health Administration, 9월 1, 2025에 액세스, <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1053AppB>